

嬰兒意外事件監測系統 - 期中報告

Vision-based Baby-sitter System

(一)摘要

本計畫擬架設數位攝影機並利用影像監控技術來監測嬰兒的意外事故，從而分辨出及偵測嬰兒目前情況，例如嬰兒嘔吐、溢奶、哭泣、笑、醒著、熟睡和口鼻被外物掩蓋時情況等等，使照顧者在任何時候都可以清楚知道嬰兒目前狀況，協助監測嬰兒的動靜，以方便照顧嬰兒和預防意外事故的發生。

由於嬰兒自出生起至成長幾個月後，每天平均的睡眠時間長達十六至二十小時，照顧者無法一天二十四小時完全待在嬰兒身旁，因此嬰兒意外事件監測系統的開發是必需的。本計畫的開發不僅可以主動提醒照顧者檢視嬰兒的狀況，還可降低嬰兒因照護疏失導致的意外事故發生率。

(二)研究動機與研究問題

由於剛出生的嬰兒非常脆弱，而且無法明確表達自己的需求，因此比一般病人或老年人更需要仔細且長時間的照顧與看護，也較常因照顧者的微小疏忽而導致生病或意外事故，造成新生兒父母親或照顧者很大的壓力與負擔。

依據中國大陸的研究調查顯示[1]，窒息是嬰兒意外死亡的主要原因之一。出生三、四個月內的嬰兒，因為控制頭部轉動的頸部肌肉力量不足，且頭部相對於身體都比較重大，當口鼻被外物掩蓋時，不容易靠自己的力量把臉移開，或奮力掙扎哭喊，只要二、三分鐘的呼吸困難，就會全身癱軟無力而呼吸停止，導致窒息死亡[2]。另外，嬰兒嘔吐或溢奶的動作也容易產生呼吸道的緊縮反射、憋氣不呼吸，導致吸嗆窒息[2]。

許多嬰兒的窒息事件是因照顧者疏忽而導致的，若能及時得知，則可避免嬰兒因缺氧過久而死亡，或造成重大腦部缺氧的傷害。因此本研究的目的是在開發視覺式嬰兒監控系統，期望能在照顧者短暫離開的情況下，協助監控嬰兒的動靜，藉以預防意外事故的發生。本研究將攝影機架在嬰兒床上方來監控嬰兒可能發生的臉部表情，例如嬰兒臉部表情改變、睜眼、嘔吐、溢奶、打哈欠等，並依各種情形發出不同程度的警示訊息告知照顧者，提醒照顧者檢視嬰兒的現況。

(三)研究困難

本系統為監控嬰兒的臉部表情，因此考慮擷取的影像如圖一所示，以全身影像為主。



圖一、嬰兒全身影像。

由於本研究的攝影機架設在室內，雖然光線的來源較為固定，但在進行前影像處理時仍需考慮下列有關光影的問題：

1. 室內光線在電燈開、關時容易發生劇烈改變，造成系統參數設定上的困難。
2. 若室內使用的光源是日光燈，則因交流電的問題會有人眼無法辨識的閃爍現象，造成影像處理時的干擾。
3. 室內其他物件(例如照顧者)的移動時阻擋到的光線會對影像中的亮度分佈造成很大的影響。
4. 若室內的採光佳，則系統設計時仍需考慮陽光造成的影響。

(四)文獻回顧與探討

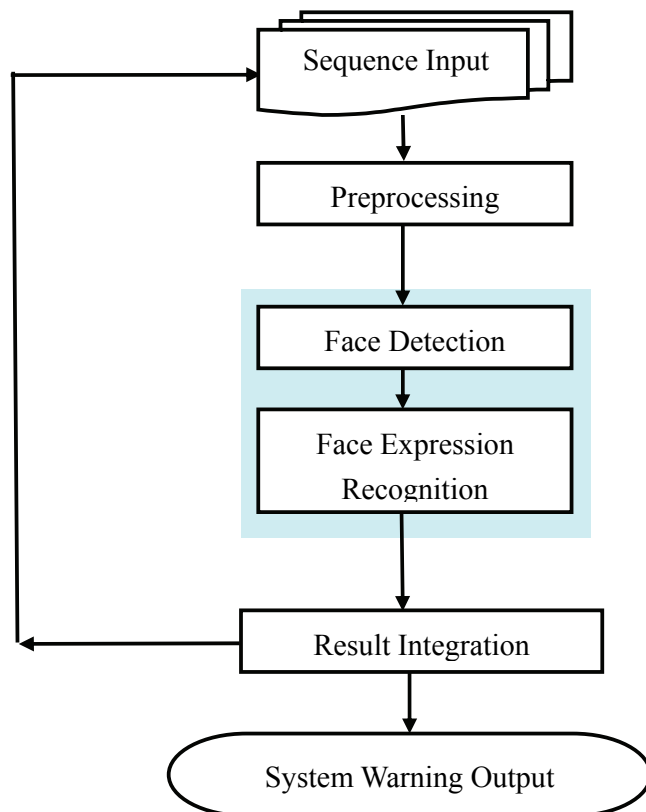
有關影像前處理步驟主要目的在於消除影像中室內外光線的干擾。Chen 等人[Che06]在 2006 年曾提出一個利用 logarithmic total variation(LTV) models 來消除臉部陰影干擾的方法。在過去幾年間，人工臉部辨識系統其臉部位置的偵測方式大部份依其擷取的特徵不同而分為二大類，一種是利用臉部的膚色來偵測的[Mon06, Pri06]，另一種則是利用其他類型的特徵來偵測的[Sav06]，例如有些研究者採用整張臉部影像所求得的 eigen features 做為特徵[Wan05, Zha06]，有些研究者則採用 discrete cosine transform (DTC)後的臉部影像做為特徵[Eke07]，還有些研究者採用 independent component analysis (ICA)來找特徵值[Kwa07]，而這些特徵值都可以用來協助影像中臉部的偵測。另外，有些研究者則致力於低亮度時臉部的偵測與辨識[Soc06]。

而針對偵測出的臉部位置。近年來有不少臉部表情辨識的論文發表[Li06, Pan06]，因此這些演算法各有優、缺點，目前廣為大家所採用者應算是「特徵式(feature-based approaches)」的方法，其利用臉部幾何特徵(geometrical facial feature)來分別臉部區域與非臉部區域的視覺資料(visual data)。這種使用臉部幾何特徵的偵測方式，對於用來偵測不同姿勢的臉部位置有很大的助益。不過為使臉部偵測與辨識達到較高精確度與成功率，一些不同演算法常會被結合起來一起運用。例如：在偵測正面臉部灰階影像裡面，幾何臉部模版(geometrical facial templates)便常與霍氏轉換 (Hough transform)一起搭配使用；而 M. GrudinLam 及 K. M. Lam 則將整體性(holistic)方法與特徵式(feature-based)方法結合，用來作為臉部偵測及辨識臉部位置的方法。而臉部表情辨識

之前首先必需進行臉部特徵的擷取。

(五)研究方法及步驟

1. 系統流程



圖二、本系統流程。

本計畫初步規劃的系統流程如上圖所示。以下是加以說明：

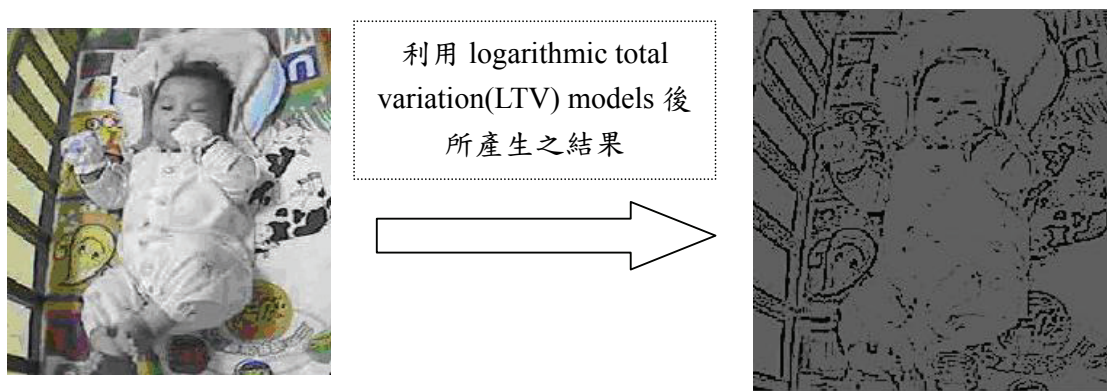
- Sequence Input: 首先系統針對嬰兒的連續影像進行前處理，主要目的在去除雜訊以及室內光影的影響，以便提高特徵擷取時的正確性。
- Preprocessing: 預先處理所輸入的連續影像。
- Face Detection: 進行嬰兒臉部的偵測。
- Face Expression Recognition: 待確認臉部位置後，開始進行臉部表情的辨識，以了解目前嬰兒的情況。
- Result Integration: 將臉部表情的辨識結果整合後，判斷是否對照顧者發出警告訊息。接著將進行下一張影像的處理。

還有本計畫所設計의影像辨識系統，若未來可以整合語音辨識的系統，將會得到更好的辨識結果，例如同時利用嬰兒的表情與哭聲來判斷嬰兒目前是否處於痛苦狀態，本系統未來將朝此一整合之方式進行研發。

一、影像的前處理

本系統之影像前處理步驟主要目的在消除影像中室內外光線的干擾。Chen 等人 [Che06]曾提出一個利用 logarithmic total variation(LTV) models 來消除臉部陰影干擾的方

法。若利用上述的方法應用在本系統拍攝的影像中，可得到如圖四的結果。由圖三(左圖)可以看出嬰兒床欄杆與嬰兒本身造成的陰影干擾，而相對於圖三中(右圖)在影像中幾乎看不到它所造成的影響，且呈現出明顯的。因此，我們認為配合去除光線干擾後之影像可在原圖中找到適當的膚色區域進行臉部偵測。



圖三、原始輸入影像(左圖)以及去除光線干擾後之影像(右圖)。

二、臉部的偵測



圖四：嬰兒的臉部偵測試意圖

嬰兒的臉部狀態	系統的識辨和發出的警告
1. 嬰兒口鼻部份被遮蔽	由於初生嬰兒尚無法自行翻身，因此系統若偵測不到嬰兒的口鼻部份，即表示嬰兒臉部可能棉被或衣物等異物遮蔽，此時嬰兒有窒息的可能，系統應對照顧者發出最嚴重的警告。
2. 嬰兒嘔吐或溢奶	若嬰兒的嘴部附近有白色異物時，就有可能是嬰兒嘔吐或溢奶的情形發生，此時系統亦應對照顧者發出最嚴重的警告。
3. 嬰兒哭泣	嬰兒哭泣有許多的原因，可能是生氣、飢餓、害怕或不舒服等，經系統辨識後，此時系統將發出一般警告，提醒照顧者注意嬰兒目前的狀態。
4. 嬰兒睡醒或打哈欠	系統可以由嬰兒長期閉眼而後睜開眼睛的現象來偵測嬰兒是否睡醒了，另外嬰兒打哈欠也可能是嬰兒想入睡或剛睡醒的狀態，這類

	情形僅需發出輕微的警告。
5. 嬰兒頭部轉動	嬰兒在熟睡時與清醒時都可能轉動頭部，前者是為了睡姿的調整，而後者則可能是好奇觀察。兩者之不同可以藉由睜眼與閉眼的狀態來區分，這類情形僅需發出輕微的警告。
6. 嬰兒熟睡狀態	此類情形歸類為監控系統的正常情形，無須任何警告。
7. 其他嬰兒臉部表情 改變	例如嬰兒微笑或是張嘴發聲等，這類情形可以依照顧者的設定決定是否給予警告。

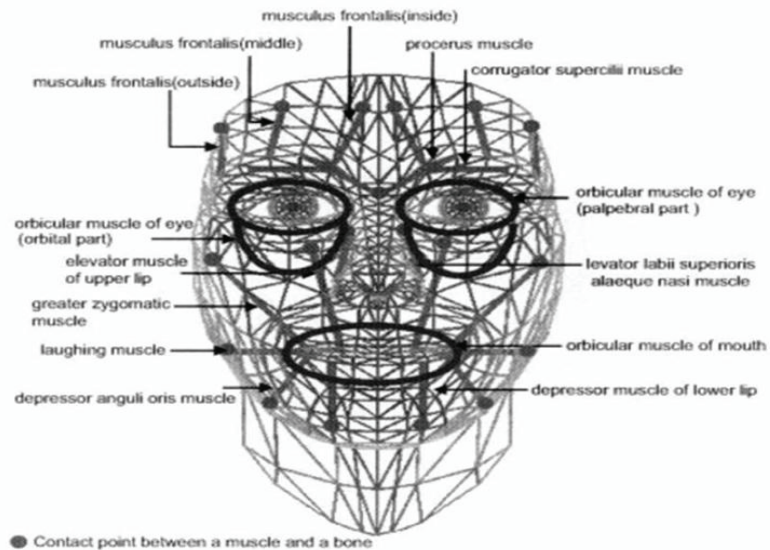
如圖四所示臉部位置的偵測是臉部辨識與脸部表情辨識的首要步驟。如上述文獻所提的，臉部位置的偵測方式是依其擷取的特徵不同可分為二大類，一種是利用臉部的膚色來偵測的[Mon06, Pri06]，另一種則是利用其他類型的特徵來偵測的[Sav06]。而針對偵測出的臉部位置，我們建議必需先校正臉部的角度[Wan06]，再進行表情的辨識，較容易提高正確率。本計畫擬利用膚色來偵測臉部的位置，目前規劃的臉部位偵測流程主要包括二個工作：擷取膚色部位、以及修補膚色區域。

三、脸部表情的辨識

在談脸部表情的辨識時，我們首先將嬰兒的臉部表情分類，之後討論如何擷取脸部特徵，最後再探討相關的分類技術。由於本計畫的目的在協助監控嬰兒的動靜，以及防止意外事故的發生。因此在偵測嬰兒脸部表情時還需同時監控其他與嬰兒安全有關的事宜。因此本系統依警告的程度不同規劃偵測下列的情況：

A、脸部表情的特徵擷取

本計畫擬建構臉部的肌肉模型，利用肌肉模型所求得的參數作為特徵進行脸部表情的辨識。如上述文獻探討所提及人類靠著臉部的肌肉的收縮與鬆弛形成臉部的表情，這些肌肉稱之為表情肌(muscles of facial expression)。臉部的肌肉均嵌在淺筋膜(superficial fascia)內，大部份起於頭顱的骨頭而止於皮膚。脸部表情的特徵依其性質不同可分為下列幾類：



圖五：臉部肌肉模型[Kur06]。

圖五的臉部肌肉模型，選用了臉部較大的肌肉，分別列舉如下：

臉部肌肉名稱	內容
1. 枕額肌 (Muscular frontalis)	分為外(outside)、中(middle)、內側(inside)左右各二條，共計六條，位於前額，可以產生皺眉的動作。
2. 眼輪匝肌 (orbicular muscle of eye)	分為眼瞼部(palpebral part)與眼眶(orbital part)部左右各二條。其中眼瞼部起於內側瞼韌帶，在瞼板前面形成弓狀越過上下眼瞼而止於外側瞼縫；而眼眶部起於內側瞼韌帶附近的骨頭，平鋪於前額和頰部眼眶緣的表面上，其肌纖維向外側伸展而成同心圓狀的排列。眼瞼部可以關閉眼瞼擴張淚囊，而眼眶部則可以緊閉眼睛。
3. 鼻眉肌 (procerus muscle)	鼻眉肌和枕額肌額腹的內側緣相連，起於鼻骨下部和鼻側軟骨，左右各一條，止於眉毛間的皮膚。主要作用為將眉毛內側端拉下及皺摺鼻子的皮膚。
4. 口輪匝肌 (orbicular muscle of mouth)	為嘴唇的括約肌，主要作用為緊閉嘴唇。
5. 提上唇鼻翼肌 (levator labii superioris alaeque nasi muscle)	嘴唇的擴張肌之一，左右各一條。嘴唇的擴張肌自嘴唇向外輻射，其作用在分開上下唇，這種運動通常伴有上下頷的分離。嘴唇的擴張肌起於口腔開口周圍的骨頭和筋膜，然後聚合而止於上下唇的實質內。
6. 顴骨大肌 (greater zygomaticus)	嘴唇的擴張肌之一，左右各一。

muscle)	
7. 笑肌(laughing muscle)	嘴唇的擴張肌之一，左右各一。
8. 降口角肌 (depressor anguli oris muscle)	嘴唇的擴張肌之一，左右各一。
9. 降下唇肌 (depressor muscle of lower lip)	嘴唇的擴張肌之一，左右各一。

若系統採用這個模型，綜合以上只要求得二十三個參數，即可形成臉部表情的特徵向量，以便後續的比對。而這二十三個參數，可以在臉部影像中擷取對應位置的 optical flow 來決定。我們認為這個模型源自於人類的解剖學，近似人類表情產生的原理，應該是最適當的表示法。而此一模型所需的參數數量非常少，容易計算，將會提高辨識系統的效率，也是我們選擇它的主要原因之一。

B、臉部表情的技術

在臉部表情的分類技術中，有些研究者採用 rule-base 的推理技術[Esa07, Pan06]來分類，有些研究者採用 Hidden Markov Model(HMM)的技術[Ale06]，或是 Support Vector Machines (SVM) [Kot07] 的技術來分類。本計畫擬嘗試均值偏移分類法。

Mean shift algorithm 具迭代型的概念，先假設空間中有 N 個點，每一個點用一個向量表示，分別算出每一點的偏移均值，移動該點到它的偏移均值，然後以此為新的起始點，繼續移動，直到滿足一定的條件才終止。Cheng 等人在 1995 年發表的論文中[Che95]介紹了它的應用，其中之一就是特徵向量的分類。因此，本計畫也嘗試採用 mean shift 演算法來對臉部表情的特徵向量作分類。

Cheng 等人在 1995 年發表的論文[Che95]是關於 mean shift algorithm 的重要文獻。他們在文中定義了 kernel function，使得隨著樣本與被偏移點的距離不同，其偏移量對均值偏移量的貢獻也不同。另一方面，他們還針對不同的樣本點設定了不同的權重係數，來調整樣本點的重要性。以下我們以該篇論文為基礎對 mean shift algorithm 作一個簡單的介紹。

(1) 基本的 mean shift

給定 d 維空間 R^d 中的 n 個樣本點 $x_i, i = 1, 2, \dots, n$, 在 x 點的 mean shift 向量的基本形式

定義為：
$$M_h(x) = \frac{1}{k} \sum_{x_i \in S_h} (x_i - x)$$

其中 $S_h(x) = \{y | (y-x)^T(y-x) \leq h^2\}$ ，表示空間中一個高維度的球區域；而 k 則表示

落在 S_h 區域中的樣本點的個數。

(2) Mean shift 演算法

給定初始點 x ，核函數 $G(x)$ ，容許誤差 ε ，mean shift 演算法循環的執行下面三步，直至結束條件滿足。

- (a) 計算 $m_h(x)$ 。
- (b) 將 $m_h(x)$ 設給 x 。
- (c) 如果 $\|m_h(x) - x\| < \varepsilon$ ，則程式結束；否則執行 step (a)。

上面的步驟會使得 x 不斷的沿著機率密度的梯度方向移動，同時步幅不僅與梯度值的大小有關，也於該點的機率密度有關。在機率密度大的地方，更接近我們要找的機率密度的峰值，mean shift 演算法使得移動的步幅小一些，反之，在密度小的地方移動的步幅就大一些。在滿足一定的條件下，mean shift 演算法一定會收斂到該點附近的峰值，達到分類的目的。

(六) 預期結果



圖六：
從攝影機取得影像

圖七：利用 logarithmic
total variation (LTV)
models 後所產生之結

圖八：經過擷取膚色部
位及以及修補膚色區
域，識辦臉部的位置



警告

圖九：系統對正確的臉部位置進行臉部表情的特徵擷取，判別其表情。(例如：口鼻被外物覆蓋時情況。)

圖十：然後系統根據所得的分析結果，再向使用者發出適當的警告。

(七) 研究計劃進度表

執行時間 計劃項目	97 年												98 年		備註	
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月		
文獻探討(1)		*	*	*												閱讀有關影像處理的書籍
實驗程式(1)				*	*											熟練開發工具及實作基本之影像處理
成果報告(1)					*											報告開發系統及基本影像處理控作
文獻探討(2)					*	*										閱讀 face detection 之相關論文[Mon06]
實驗程式(2)					*	*										實作臉部偵測
成果報告(2)						*										Face Detection
文獻探討(3)						*	*	*	*	*						閱讀人臉表情分析之相關論文[Che95]
實驗程式(3)								*	*	*	*					實作及分析嬰兒臉部表情
成果報告(3)												*				Face Expression Recognition
文獻探討(4)											*	*				閱讀其它相關文獻資料
實驗程式(4)												*	*			整合研究結果
成果報告(4)														*		報告及整合全年研究成果

(八) 參考文獻

- [Ale06] P. S. Aleksic and A. K. Katsaggelos, "Automatic Facial Expression Recognition Using Facial Animation Parameters and Multistream HMMs," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol. 1, pp. 3-11, 2006.
- [Bae03] H. E. Baeck and M. N. Souza, "A Bayesian Classifier for Baby's Cry in Pain and Non-Pain Contexts," *Proceedings of the 25 Annual International Conference of the IEEE EMBS*, Cancun, Mexico, pp. 2944-2946, 2003.
- [Che06] T. Chen, W. Yin, X. S. Zhou, D. Comaniciu, and T. S. Huang, "Total Variation Models for Variable Lighting Face Recognition," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 28, pp. 1519-1524, 2006.
- [Che95] Y. Cheng, "Mean Shift, Mode Seeking, and Clustering," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 17, pp. 790-799, 1995.

- [Eke07] H. K. Ekenel, J. Stallkamp, H. Gao, M. Fischer, and R. Stiefelhagen, "Face Recognition for Smart Interactions," *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, Copenhagen, Denmark, pp. 1007-1010, 2007.
- [Esa07] N. Esau, E. Wetzel, L. Kleinjohann, and B. Kleinjohann, "Real-Time Facial Expression Recognition Using a Fuzzy Emotion Model," *Proceedings of the IEEE International Fuzzy Systems Conference*, London, UK, pp. 1-6, 2007.
- [Kot07] I. Kotsia and I. Pitas, "Facial Expression Recognition in Image Sequences Using Geometric Deformation Features and Support Vector Machines," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 16, pp. 172-187, 2007.
- [Kur06] H. Kurose, K. Ito, and S. Nishida, "A Method for Selecting Facial Expression based on Emotions and Its Application for Text Reading," *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Taipei, Taiwan, pp. 4029-4033, 2006.
- [Kwa07] K. C. Kwak and W. Pedrycz, "Face Recognition Using an Enhanced Independent Component Analysis Approach," *IEEE Transactions on Neural Network*, Vol. 18, pp. 530-541, 2007.
- [Mon06] M. M. Monwar, P. P. Paul, M. W. Islam, and s. Rezaei, "A Real-Time Face Recognition Approach from Video Sequence Using Skin Color Model and Eigenface Method," *Proceedings of the Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, Ottawa, pp. 2181-2185, 2006.
- [Sav06] M. Savvides, R. Abiantun, J. Heo, S. Park, C. Xie, and B. V. K. Vijayakumar, "Partial and Holistic Face Recognition on FRGC-II Data Using Support Vector Machine Kernel Correlation Feature Analysis," *Proceedings of the 2006 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop*, New York, p. 48, 2006.
- [Soc06] D. A. Socolinsky, L. B. Wolff, and A. J. Lundberg, "Image Intensification for Low-Light Face Recognition," *Proceedings of the 2006 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop*, New York, p. 41, 2006.
- [Pan06] M. Pantic and I. Patras, "Dynamics of Facial Expression: Recognition of Facial Actions and Their Temporal Segments from Face Profile Image Sequences," *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics*, Vol. 36, pp. 433- 448, 2006.
- [Wan06] P. Wang, L. C. Tran, and Q. Ji, "Improving Face Recognition by Online Image Alignment," *Proceedings of the 18th IEEE International Conference on Pattern Recognition*, Hong Kong, Vol. 1, pp. 311 - 314, 2006.
- [Wan05] X. Wang and X. Tang, "Hallucinating Face by Eigentransformation," *IEEE transactions on System, Man, and Cybernetics—Part C: Applications and Reviews*, Vol. 35, pp. 425-434, 2005.
- [Zha06] H. Zhao, P. C. Yuen, and J. T. Kwok, "A Novel Incremental Principal Component Analysis and Its Application for Face Recognition," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics*, Vol. 36, pp. 873-886 2007.
- [1] 趙正言、李幼範、何惠霞，浙江省嬰兒死亡原因監測研究，浙江預防醫學期刊，第1期，第12卷，2000年。
- [2] 宋文舉，<http://www.vghtpe.gov.tw/~ped/newpage32.htm>，台北榮總兒童醫學部育兒新知網頁，嬰兒猝死症，2007年。